

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-240737

(43)Date of publication of application : 12.09.1995

(51)Int.Cl.

H04J 14/00
H04J 14/02
H04B 10/152
H04B 10/142
H04B 10/04
H04B 10/06

(21)Application number : 06-030360

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 28.02.1994

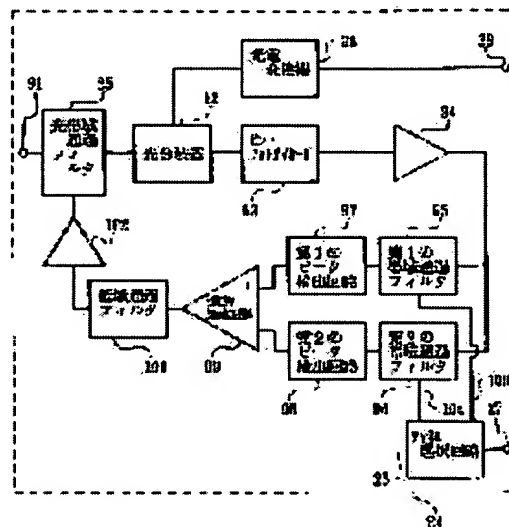
(72)Inventor : ASAHI KOJI

(54) WAVELENGTH MULTIPLEXING OPTICAL TRANSMISSION DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a wavelength multiplexing optical transmission device matching the passing center wavelength of an optical band passing filter and the wavelength of an optical signal accurately and by a simple control.

CONSTITUTION: A transmitter 11 performs an intensity modulation for three or more lights which are equal in a wavelength difference by control signals of different frequencies, puts a data signal on light except the wavelength at the both ends, multiplexes these lights and transmits them. A receiver 12 performs a photoelectric conversion for the intensity of the light passing an optical band passing filter 25. With the wavelength of the light received from a converted electric signal as a center, the frequency components of a control signal whose light of the both adjacent wavelengths is modulated are extracted, and the passing center wavelength of the optical band passing filter 25 is controlled so that the amplitudes of these frequency components may be equal. Thus, at the center of the wavelength of the both adjacent light, the passing center wavelength of the optical band passing filter is controlled, and the wavelength of an optical signal to be received and the passing center wavelength can be matched.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

27.10.1995

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2655479

[Date of registration] 30.05.1997

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right] 30.05.2001

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-240737

(43) 公開日 平成7年(1995)9月12日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 J 14/00				
14/02				
H 0 4 B 10/152				
	7739-5K	H 0 4 B 9/ 00	E	
	7739-5K		L	
審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 12 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平6-30360

(22) 出願日 平成6年(1994)2月28日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 朝日 光司

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

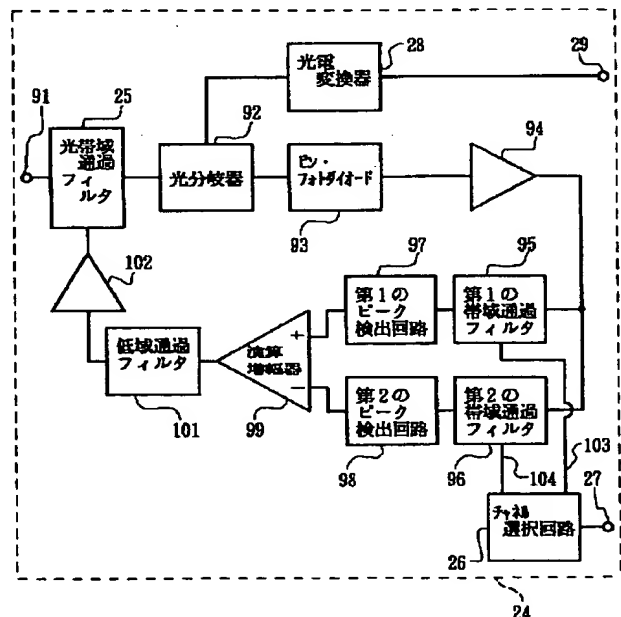
(74) 代理人 弁理士 山内 梅雄

(54) 【発明の名称】 波長多重光伝送装置

(57) 【要約】

【目的】 光帯域通過フィルタの通過中心波長と光信号の波長を精度良くかつ簡単な制御により一致させる波長多重光伝送装置を提供する。

【構成】 送信装置11は波長差の等しい3本以上の光を異なる周波数の制御信号で強度変調し、両端の波長を除く光にデータ信号を載せこれらの光を多重化して送出する。受信装置12は光帯域通過フィルタ25を通過した光の強度を光電変換する。変換された電気信号から受信する光の波長を中心としてその両隣の波長の光が変調されている制御信号の周波数成分を抽出し、この周波数成分の振幅が等しくなるように光帯域通過フィルタ25の通過中心波長を制御する。これにより、両隣の光の波長の中心に光帯域通過フィルタの通過中心波長が制御され、受信したい光信号の波長と通過中心波長を一致させることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 送信するデータによって強度変調された所定の波長の光を発光する光信号発光手段と、

この光信号発光手段が発光する光の波長に対して第 1 の長さだけ短い波長の光であって所定の周波数の第 1 の制御信号によって強度変調された光を発光する第 1 の制御光発光手段と、

前記光信号発光手段が発光する光の波長に対して第 2 の長さだけ長い波長の光であって前記第 1 の制御信号と異なる周波数の第 2 の制御信号によって強度変調された光を発光する第 2 の制御光発光手段と、

この第 1 および第 2 の制御光発光手段によってそれぞれ発光された光と前記光信号発光手段によって発光された光を入力しこれらを多重化する光結合手段と、

この光結合手段によって多重化された光を伝送する伝送路と、

この伝送路を通過した光を入力し通過中心波長を中心としてその前後に通過損失が増大しかつ所定の通過損失における帯域幅が前記第 1 および第 2 の制御光発光手段が発光する光の波長差よりも広い光帯域通過フィルタと、

この光帯域通過フィルタを通過した光の強度を電気信号に変換する光電変換手段と、

この光電変換手段によって変換された電気信号から前記第 1 および第 2 の制御信号の周波数成分をそれぞれ抽出する抽出手段と、

この抽出手段によって抽出された第 1 および第 2 の制御信号の周波数成分の振幅を比較する比較手段と、

この比較手段の比較結果が前記光信号発光手段によって発光される光信号の波長と前記光帯域通過フィルタの通過中心波長とが一致したときの予め定められた値になるように光帯域通過フィルタの通過中心波長を変更する通過中心波長変更手段とを具備することを特徴とする波長多重光伝送装置。

【請求項 2】 送信するデータの表わされたデータ信号を n チャンネル分 (n は 1 以上の整数) 入力する入力手段と、

互いに異なった周波数の第 1 ～第 $n+2$ の制御信号を生成する第 1 ～第 $n+2$ の制御信号生成手段と、

前記入力手段から入力された各チャンネルのデータ信号に対して振り分けられたこれら第 1 ～第 n の制御信号を各チャンネルのデータ信号にそれぞれ重畳する第 1 ～第 n の重畳手段と、

この第 1 ～第 n の重畳手段によって制御信号の重畳された各チャンネルのデータ信号によってそれぞれ強度変調されかつこれらの光の波長が互いに異なり、かつ隣の波長との波長差が一定の波長差となった光を発光する第 1 ～第 n の光信号発光手段と、

この第 1 ～第 n の光信号発光手段が発光する光の中で最も短い波長の光よりも前記一定の波長差だけ波長が短く前記第 $n+1$ の制御信号によって強度変調された光を発

光する第 1 の制御光発光手段と、

前記第 1 ～第 n の光信号発光手段が発光する光の中で最も長い波長の光よりも前記一定の波長差だけ波長が長く前記第 $n+2$ の制御信号によって強度変調された光を発光する第 2 の制御光発光手段と、

前記第 1 ～第 n の光信号発光手段によってそれぞれ発光された光と前記第 1 および第 2 の制御光発光手段によってそれぞれ発光された光を入力しこれらを多重化する光結合手段と、

10 この光結合手段によって多重化された光を伝送する伝送路と、

この伝送路を通過した光を入力し通過中心波長を中心としてその前後に通過損失が増大しかつ所定の通過損失における帯域幅が前記一定の波長差の 2 倍以上ある光帯域通過フィルタと、

この光帯域通過フィルタを通過した光の強度を電気信号に変換する光電変換手段と、

20 前記第 1 ～第 n の光信号発光手段によって発光された光の中から受信する光を選択するための選択信号を入力する選択信号入力手段と、

この選択信号入力手段から入力された選択信号によって選択された光の波長に対して前記一定の波長差だけ波長の短い光によって伝送された制御信号の周波数成分を前記光電変換手段によって変換された電気信号から抽出する第 1 の抽出手段と、

30 前記選択信号入力手段から入力された選択信号によって選択された光の波長に対して前記一定の波長差だけ波長の長い光によって伝送された制御信号の周波数成分を前記光電変換手段によって変換された電気信号から抽出する第 2 の抽出手段と、

これら第 1 および第 2 の抽出手段によって抽出された周波数成分の振幅を比較する比較手段と、

この比較手段の比較結果が前記選択信号によって選択された光の波長と前記光帯域通過フィルタの通過中心波長とが一致したときの予め定められた値になるように光帯域通過フィルタの通過中心波長を変更する通過中心波長変更手段とを具備することを特徴とする波長多重光伝送装置。

【請求項 3】 前記第 1 ～第 $n+2$ の制御信号生成手段は、互いに振幅が等しい第 1 ～第 $n+2$ の制御信号を生成し、前記第 1 ～第 n の光信号発光手段と前記第 1 および第 2 の制御光発光手段は、互いに光の最大強度が等しくかつ同一の変調度で強度変調された光を発光し、前記光帯域通過フィルタは、通過中心波長を中心としてその前後に対称に通過損失が増大し、前記通過中心波長変更手段は、前記比較手段の比較結果が前記第 1 および第 2 の抽出手段によって抽出された制御信号の周波数成分の振幅が等しいときの値になるように前記光帯域通過フィルタの通過中心波長を変更することを特徴とする請求項 2 記載の波長多重光伝送装置。

【請求項 4】前記光結合手段と前記光帯域通過フィルタとの間に光結合手段によって多重化された光を光のまま一括して増幅する光増幅手段が設けられていることを特徴とする請求項 1、請求項 2 または請求項 3 記載の波長多重光伝送装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、異なる波長の光信号を多重化して伝送する波長多重光伝送装置に係わり、特に受信装置で使用される光帯域通過フィルタの通過中心波長を、受信したい光信号の波長に追従させ、安定して一致させることのできる波長多重光伝送装置に関する。

【0002】

【従来の技術】光通信では伝送効率を高めるために 1 本の光ファイバに波長の異なる複数の光信号を多重化して伝送することが行われている。このような通信方式は波長多重光伝送方式と呼ばれている。

【0003】図 9 は、従来の波長多重光伝送装置の概略構成を表わしたものである。この波長多重光伝送装置は、送信装置 11 と、受信装置 12 と、これらの間を接続する光ファイバ 13 とから構成されている。

【0004】送信装置 11 は、送信するデータを表わしたデータ信号を入力する 3 チャンネル分のデータ信号入力端子 14、15、16 を備えている。これらデータ信号入力端子 14、15、16 は、それぞれ半導体レーザ駆動回路 17、18、19 と接続されている。半導体レーザ 21、22、23 は、それぞれ対応する半導体レーザ駆動回路 17、18、19 と接続されており、これらから供給される駆動電流に応じて発光するようになっている。これら半導体レーザ 21、22、23 は、光結合器 24 に接続されている。光結合器 24 は 3 つの半導体レーザ 21、22、23 が発光する光を多重化して光ファイバ 13 に送出するようになっている。

【0005】受信装置 12 は、光ファイバ 13 の受信端に接続された光帯域通過フィルタ 25 を備えている。光帯域通過フィルタ 25 には、チャンネル選択回路 26 から通過中心波長を切り換えるための選択信号が入力されている。また、チャンネル選択回路 26 はチャンネル選択信号入力端子 27 と接続されている。光帯域通過フィルタ 25 を通過した光は光電変換器 28 に入力されている。光電変換器 28 の出力側は受信データ信号出力端子 29 に接続されている。

【0006】送信装置 11 は、3 チャンネル分の送信すべきデータ信号を、データ信号入力端子 14、15、16 からそれぞれ入力する。半導体レーザ駆動回路 17、18、19 は、直流電流にこれらデータ信号を重畳した駆動電流を出力する。半導体レーザ 21、22、23 は、これら駆動電流に応じた強度の光を発光する。従って、半導体レーザ 21、22、23 が発光する光の強度は、データ信号に応じて変化する。半導体レーザ 21、2

2、23 の発光する光は互いに異なる波長になっている。半導体レーザ 21、22、23 が発光する波長の異なる 3 つの光は、光結合器 24 によって多重化されて一本の光ファイバ 13 に送出される。

【0007】光ファイバ 13 を通過した光は、受信装置 12 の光帯域通過フィルタ 25 に入力される。光帯域通過フィルタ 25 は、その通過中心波長を中心として所定の帯域内の光を通過させることができ、多重化された光の中から 1 つの波長の光を抽出するようになっている。抽出された光の強度は光電変換器 28 によって電気信号に変換されて、データ信号出力端子 29 から出力される。抽出する波長の選択は、チャンネル選択信号入力端子 27 から入力される選択信号により行われる。この選択信号に従って、チャンネル選択回路 26 は、抽出する光の波長に対応する予め定められた値の制御信号を光帯域通過フィルタ 25 の図示しない波長制御部に供給する。こうして、光帯域通過フィルタ 25 の通過中心波長が、選択信号に従って変更され、多重化された光の中から、1 つの波長の光を抽出して受信することができる。

【0008】ところで、光ファイバで伝送される光信号は、光ファイバのもつ伝送損失のため、伝送される距離が長くなるにつれてその強度が減衰する。この減衰を補償するために伝送路の途中に中継局を設けて光信号の増幅を行ったり、受信局で受信した光信号を増幅することが行われる。光信号の増幅は、光を一旦、電気信号に変換して行う方式から、光のまま増幅する光直接増幅方式に移行しつつある。この光直接増幅方式で使用される光直接増幅器は、増幅できる光の波長帯域が数十ナノメートルと狭い。このため、多重化された光信号を光直接増幅器で一括して増幅する場合には、多重化される光信号の波長を、光直接増幅器の狭い増幅帯域内に収める必要がある。このように狭い波長帯域において異なる波長の光信号を多重化して伝送する方式は、特に狭帯域波長多重光伝送方式と呼ばれている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】狭帯域波長多重光伝送方式では、多重化される光信号相互間の波長差が小さいので、隣接する波長の光信号との分離を良好に行うために、受信装置において通過帯域幅の狭い光帯域通過フィルタが使用される。このため、光信号の波長と光帯域通過フィルタの通過中心波長を精度良く一致させなければ良好な受信ができない。一方、光信号の波長は、送信装置および伝送路の周囲温度の変動や経年変化による劣化によって変動する。また、光帯域通過フィルタの通過中心波長も周囲温度や経年変化による劣化のために変化する。このため、図 9 に示したチャンネル選択回路 26 のように、光信号の波長と光帯域通過フィルタ 25 の通過中心波長のズレに対して、フィードバック制御が行われていない場合には、光信号の波長と通過中心波長にズレが生じる。このため光帯域通過フィルタによって抽出され

5

る光信号の強度が、弱くなってしまいう問題があった。また、波長のズレが大きくなった場合には、本来受信したいチャンネルと隣のチャンネルの光信号との強度差が少なくなり、S/N比（信号対雑音比）が悪化し、データの誤り率が増加してしまうケースもあった。

【0010】このような問題を解決するために、光帯域通過フィルタを通過した光信号の強度を検出し、この強度が最大になるように、通過中心波長のフィードバック制御を行う受信装置が提案されている。この受信装置における制御では、光の強度が変動したことを検出しても、波長がズレた方向が分からない。そこで、所定の帯域に渡って光帯域通過フィルタの通過中心波長を掃引させて、掃引中に光信号の強度が最大となった波長を検出している。そして、掃引によって検出された波長に、光帯域通過フィルタの通過中心波長を設定している。したがって、光帯域通過フィルタの通過中心波長を掃引させるための手段や、光の強度が最大となった波長を一時的に記憶するための手段を必要とする。このため、制御回路の構成が複雑になってしまうという問題があった。さらに、所定の帯域に渡って通過中心波長を掃引させるため、光信号が通過帯域外になることもあり、掃引中は光信号を正常に受信することができなくなるという欠点があった。

【0011】そこで本発明の第1の目的は、光帯域通過フィルタの通過中心波長を光信号の波長に一致させることのできる、簡単な構成の波長多重光伝送装置を提供することにある。

【0012】また本発明の第2の目的は、光帯域通過フィルタの通過中心波長と光信号の波長とを安定して一致させることにある。

【0013】さらに本発明の第3の目的は、狭い帯域幅に多くの波長の光信号を多重化することができる波長多重光伝送装置を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明では、送信するデータによって強度変調された所定の波長の光を発光する光信号発光手段と、この光信号発光手段が発光する光の波長に対して第1の長さだけ短い波長の光であって所定の周波数の第1の制御信号によって強度変調された光を発光する第1の制御光発光手段と、光信号発光手段が発光する光の波長に対して第2の長さだけ長い波長の光であって第1の制御信号と異なる周波数の第2の制御信号によって強度変調された光を発光する第2の制御光発光手段と、この第1および第2の制御光発光手段によってそれぞれ発光された光と光信号発光手段によって発光された光を入力しこれらを多重化する光結合手段と、この光結合手段によって多重化された光を伝送する伝送路と、この伝送路を通過した光を入力し通過中心波長を中心としてその前後に通過損失が増大しかつ所定の通過損失における帯域幅が第1および第2の制御

6

光発光手段が発光する光の波長差よりも広い光帯域通過フィルタと、この光帯域通過フィルタを通過した光の強度を電気信号に変換する光電変換器と、この光電変換器によって変換された電気信号から第1および第2の制御信号の周波数成分をそれぞれ抽出する抽出手段と、この抽出手段によって抽出された第1および第2の制御信号の周波数成分の振幅を比較する比較手段と、この比較手段の比較結果が光信号発光手段によって発光される光信号の波長と光帯域通過フィルタの通過中心波長とが一致したときの予め定められた値になるように光帯域通過フィルタの通過中心波長を変更する通過中心波長変更手段とを波長多重光伝送装置に具備させる。

【0015】すなわち請求項1記載の発明では、送信するデータによって強度変調された光信号の波長に対して、その前後の波長の光を異なる周波数の制御信号で強度変調し、これらを多重化して送信する。受信側は、光帯域通過フィルタを通過した光の強度を電気信号に変換し、この変換された電気信号から、2つの制御信号の周波数成分を抽出する。そして、これら抽出された周波数成分の振幅を比較することによって、光帯域通過フィルタの通過中心波長と光信号の波長が一致するように、通過中心波長を変更する。たとえば、温度変動の影響により光帯域通過フィルタの通過中心波長と光信号の波長との間にズレが生じたものとする。光帯域通過フィルタの通過損失特性が通過中心波長を中心としてその前後に増大しているので、制御信号が重畳された光のうち、一方の光の通過損失が増大し、他方の光の通過損失が減少する。このため、制御信号の周波数成分の振幅を比較することで波長がズレた方向が分かり、比較的簡単な制御手段によって光信号の波長と光帯域通過フィルタの通過中心波長を一致させることができる。

【0016】請求項2記載の発明では、送信するデータの表わされたデータ信号をnチャンネル分（nは1以上の整数）入力する入力手段と、互いに異なった周波数の第1～第n+2の制御信号を生成する第1～第n+2の制御信号生成手段と、入力手段から入力された各チャンネルのデータ信号に対して振り分けられたこれら第1～第nの制御信号を各チャンネルのデータ信号にそれぞれ重畳する第1～第nの重畳手段と、この第1～第nの重畳手段によって制御信号の重畳された各チャンネルのデータ信号によってそれぞれ強度変調されかつこれらの光の波長が互いに異なり、かつ隣の波長との波長差が一定の波長差となった光を発光する第1～第nの光信号発光手段と、この第1～第nの光信号発光手段が発光する光の中で最も短い波長の光よりも一定の波長差だけ波長が短く第n+1の制御信号によって強度変調された光を発光する第1の制御光発光手段と、第1～第nの光信号発光手段が発光する光の中で最も長い波長の光よりも一定の波長差だけ波長が長く第n+2の制御信号によって強度変調された光を発光する第2の制御光発光手段と、第1～第n

の光信号発光手段によってそれぞれ発光された光と第1および第2の制御光発光手段によってそれぞれ発光された光を入力しこれらを多重化する光結合手段と、この光結合手段によって多重化された光を送送する伝送路と、この伝送路を通過した光を入力し通過中心波長を中心としてその前後に通過損失が増大しかつ所定の通過損失における帯域幅が一定の波長差の2倍以上ある光帯域通過フィルタと、この光帯域通過フィルタを通過した光の強度を電気信号に変換する光電変換手段と、第1～第nの光信号発光手段によって発光された光の中から受信する光を選択するための選択信号を入力する選択信号入力手段と、この選択信号入力手段から入力された選択信号によって選択された光の波長に対して一定の波長差だけ波長の短い光によって伝送された制御信号の周波数成分を光電変換手段によって変換された電気信号から抽出する第1の抽出手段と、選択信号入力手段から入力された選択信号によって選択された光の波長に対して一定の波長差だけ波長の長い光によって伝送された制御信号の周波数成分を光電変換手段によって変換された電気信号から抽出する第2の抽出手段と、これら第1および第2の抽出手段によって抽出された周波数成分の振幅を比較する比較手段と、この比較手段の比較結果が選択信号によって選択された光の波長と光帯域通過フィルタの通過中心波長とが一致したときの予め定められた値になるように光帯域通過フィルタの通過中心波長を変更する通過中心波長変更手段とを波長多重光伝送装置に具備させる。

【0017】すなわち請求項2記載の発明では、データ信号を送送する光に、制御信号も伝送させているので、多重化する光の数が増えても制御信号専用の光は、第1および第2の制御光発光手段が発光する光のみで済む。これにより、波長帯域を有効に利用することができる。また、多重化されている光の波長差が等しいので、受信する光を切り換えても、その前後の波長の光は光帯域通過フィルタの通過中心波長から一定の波長差の所にある。すなわち、光帯域通過フィルタの通過損失特性が同一の所を使用して、通過中心波長とそれぞれの光信号の波長とを一致させることができる。したがって受信する光を切り換えても、同調精度やS/N比（信号対雑音比）の変動を少なくすることができる。

【0018】請求項3記載の発明では、第1～第n+2の制御信号生成手段は、互いに振幅が等しい第1～第n+2の制御信号を生成し、第1～第nの光信号発光手段と第1および第2の制御光発光手段は、互いに光の最大強度が等しくかつ同一の変調度で強度変調された光を発光し、光帯域通過フィルタは、通過中心波長を中心としてその前後に対称に通過損失が増大し、通過中心波長変更手段は、比較手段の比較結果が第1および第2の抽出手段によって抽出された制御信号の周波数成分の振幅が等しいときの値になるように光帯域通過フィルタの通過中心波長を変更するようにしている。

【0019】すなわち請求項3記載の発明では、多重化されている光の波長差およびその強度を等しくし、制御信号の変調度を同一にするとともに、光帯域通過フィルタの通過損失特性を通過中心波長を中心として対称にした。これにより、受信したい光信号の波長と通過中心波長が一致したときには、どのチャンネルの光信号を受信しても、抽出される制御信号の振幅が等しくなる。したがって、予め各波長の光信号に対する比較手段の比較結果を用意しておく必要がない。また、振幅が等しいことの検出は簡単な回路によって実現でき、装置の構成が簡単になる。

【0020】請求項4記載の発明では、光結合手段と光帯域通過フィルタの間に、光結合手段によって多重化された光を、光のまま一括して増幅する光増幅手段を設けている。光帯域通過フィルタの通過中心波長を、精度良く光信号の波長に一致させることができるので、狭い帯域内で多数の波長の光を多重化することができる。これにより増幅器として波長帯域の狭い光直接増幅器を使用することができる。

【0021】

【実施例】以下実施例につき本発明を詳細に説明する。

【0022】図1は、本発明の一実施例における波長多重光伝送装置のシステム構成を表わしたものである。この波長多重光伝送装置は、図9に示した従来の波長多重光伝送装置と同様に、送信装置11と、受信装置12と、これらの間に接続された光ファイバ13とから構成されている。

【0023】図2は、図1に示した波長多重伝送装置における送信装置の概略構成を表わしたものである。送信装置11は、図9に示した従来の送信装置11と同様に、3チャンネル分のデータ信号を光信号に変換して送信するようになっている。第1の半導体レーザ駆動回路（LD駆動回路）31と第1の低周波信号発生回路32は、第1の低周波信号重畳回路33に接続されている。第1の低周波信号重畳回路33は、第1の半導体レーザ駆動回路31から供給される駆動電流34に第1の低周波信号発生回路33が出力する第1の低周波正弦波信号35を重畳するようになっている。第1の低周波信号重畳回路33は第1の半導体レーザ36に接続にされている。第1の低周波信号重畳回路から供給される第1の駆動電流37に応じて第1の半導体レーザ36は第1の光38を発光するようになっている。

【0024】これと同様に第2の半導体レーザ駆動回路41と第2の低周波信号発生回路42は、第2の低周波信号重畳回路43に接続されている。第2の低周波信号重畳回路43は、第2の半導体レーザ駆動回路41から供給される駆動電流44に第2の低周波信号発生回路43が出力する第2の低周波正弦波信号45を重畳するようになっている。第2の低周波信号重畳回路43は第2の半導体レーザ46に接続にされている。第2の低周波

信号重畳回路43から供給される第2の駆動電流47に応じて第2の半導体レーザ46は第2の光48を発光するようになっている。

【0025】以下同様に、第3から第5の半導体レーザ駆動回路51、61、71、と第3から第5の低周波信号発生回路52、62、72は第3から第5の低周波信号重畳回路53、63、73の対応するものにそれぞれ接続されている。また、第3から第5の低周波信号重畳回路53、63、73は第3から第5の半導体レーザ56、66、76の対応するものにそれぞれ接続されている。第2から第4の半導体レーザ駆動回路41、51、61はデータ信号入力端子14、15、16の対応するものとそれぞれ接続されている。第1から第5の半導体レーザ36、46、56、66、76はそれぞれ光結合器24と接続されている。光結合器24は入力された第1から第5の光38、48、58、68、78を多重化し、多重化された光81は送信信号出力端子82から光ファイバ13に送出されるようになっている。

【0026】データ信号入力端子14、15、16と接続されている第2から第4の半導体レーザ駆動回路41、51、61は、入力されたデータ信号によって振幅変調された駆動電流44、54、64を出力する。第1および第5の半導体レーザ駆動回路31、71は直流の駆動電流34、74を出力する。第1から第5の低周波信号発生回路32、42、52、62、72は、互いに異なる周波数であって振幅の等しい第1から第5の低周波正弦波信号35、45、55、65、75を発生する。第1の低周波正弦波信号35の周波数は922ヘルツで、第2から第5の低周波正弦波信号45、55、65、75の周波数は1キロヘルツずつ順に高くなっている。第1から第5の低周波信号重畳回路33、43、53、63、73は駆動電流34、44、54、64、74を第1から第5の低周波正弦波信号35、45、55、65、75によって同一の変調度で変調するようになっている。変調された第1から第5の駆動電流37、47、57、67、77が入力された第1から第5の半導体レーザ36、46、56、66、76は、入力された駆動電流に応じてその強度が変化する第1から第5の光38、48、58、68、78を発光する。

【0027】第1から第5の半導体レーザ36、46、56、66、76が発光する光の最大強度は共に同一になっている。光の波長は、第1の半導体レーザ36の波長が最も長く、第2から第5の半導体レーザ46、56、66、76に向かって順に同一の波長差で波長が短くなっている。本実施例では第1の半導体レーザ36が発光する第1の光38の波長は1540ナノメートルであり、それぞれの光の波長差は5ナノメートルに設定してある。

【0028】図3は、このような構成の送信装置から送出される多重化された光の強度のスペクトラムを表わし

たものである。これらは、第1図における第1から第5の半導体レーザ36、46、56、66、76が発光する第1から第5の光38、48、58、68、78についての強度である。送信装置11から送出される光は、1540ナノメートルから5ナノメートルずつ波長が短くなる光が多重化されて送出されている。また、これらの光の最大強度は同一になっている。第1の光38と第5の光78はそれぞれ第1および第5の低周波正弦波信号35、75を搬送しており、第2の光48、第3の光58、第4の光68は、データ信号と第2から第4の低周波正弦波信号45、55、65をそれぞれ搬送している。

【0029】図4は図1に示した波長多重光伝送装置の受信装置の概略構成を表わしたものである。送信装置11から送出された光は、光ファイバ13を通過し受信信号入力端子91から受信装置12の光帯域通過フィルタ25に入力される。光帯域通過フィルタ25を通過した光は光分岐器92に導かれている。光分岐器92によって分岐された一方の光は光電変換器28に入力され、光電変換器28によって光の強度が電気信号に変換されるようになっている。光電変換器28の出力は受信データ出力端子29に接続されている。光分岐器92によって分岐された他方の光はピン・フォトダイオード93に入力されている。ピン・フォトダイオード93は入力された光の強度を電流信号に変換するようになっている。ピン・フォトダイオード93によって変換された電流信号は電流電圧変換回路94に入力され、ここで電圧信号に変換されるようになっている。電流電圧変換回路94の出力は、第1および第2の帯域通過フィルタ95、96に入力されている。

【0030】第1および第2の帯域通過フィルタ95、96を通過した電圧信号は第1および第2のピーク検出回路97、98にそれぞれ入力されている。第1のピーク検出回路97は演算増幅器99の正入力端子に接続されており、第2のピーク検出回路98は負入力端子に接続されている。演算増幅器99からはこれらピーク検出回路97、98の出力電圧の差分に相当する電圧信号が出力されるようになっている。演算増幅器99は低域通過フィルタ101に接続され、低域通過フィルタ101を通過した信号成分は増幅器102に入力されている。増幅器102は光帯域通過フィルタ25の図示しない波長制御部に接続されている。

【0031】一方、チャンネル選択信号入力端子27はチャンネル選択回路26と接続されている。チャンネル選択回路26から出力される第1の周波数選択信号103は第1の帯域通過フィルタ95に入力されている。同様に第2の周波数選択信号104は第2の帯域通過フィルタ96に入力されている。

【0032】図5は光帯域フィルタの通過損失特性を表わしたものである。図中の破線111は通過損失特性を

10

20

30

40

50

表わしている。また、光帯域フィルタを通過した第1から第5の光38、48、58、68、78の強度を表わしている。図5では光帯域通過フィルタ25の通過中心波長は1550ナノメートルになっており、第3の光58の波長と一致している。通過損失特性は左右対称になっている。第2の光48の波長である1545ナノメートルおよび第4の光68の波長である1555ナノメートルにおいては、通過中心波長に比べて通過する光の強度が約15dB（デシベル）低下している。光帯域通過フィルタ25はその通過中心波長を変更できるものであり、本実施例で使用したものは、誘電体多層膜に入射する光の角度を変えることによって通過中心波長を変更するものである。誘電体多層膜の角度はこれを支持する圧電素子に印加する電圧を変化させることによって制御される。

【0033】図6は帯域通過フィルタの回路構成を表わしている。帯域通過フィルタ95、96はTノッチ・アクティブフィルタと呼ばれるものである。信号を入力するための入力端子121は第1のオペアンプ122の正入力端子123に接続されている。第1のオペアンプ122の出力端子124と負入力端子125の間には抵抗器126が接続されている。また、負入力端子125には、他端が接地された抵抗器127が接続されている。さらに、負入力端子125には、第2のオペアンプ128の出力端子が接続されている。第2のオペアンプ128の出力端子と第2のオペアンプ128の負入力端子は接続されており、インピーダンスを変換するバッファを構成している。さらに第1のオペアンプ122の負入力端子125に、他端が接地された可変抵抗器129が接続されている。可変抵抗器129の中間出力端子131は第3のオペアンプ132の正入力端子と接続されている。第3のオペアンプ132の負入力端子と第3のオペアンプ132の出力端子とは接続されており、インピーダンスを変換するバッファを構成している。

【0034】第1のオペアンプ122の出力端子124と第2のオペアンプ128の正入力端子の間には、直列に接続されたコンデンサ133、134と、直列に接続された抵抗器135、136が並列に接続されている。コンデンサ133と134の間の接続点には、抵抗器137と抵抗器138の一端がそれぞれ接続されており、抵抗器137と138の他端はそれぞれ第3のオペアンプ132の出力端子に接続されている。また、抵抗器135と136の間の接続点には、コンデンサ141とコンデンサ142の一端がそれぞれ接続されている。コンデンサ141とコンデンサ142の他端はそれぞれ第3のオペアンプ132の出力端子に接続されている。第1のオペアンプの出力端子124は信号出力端子143と接続されている。

【0035】この帯域通過フィルタは、第1のオペアンプ122の負帰還を、通過中心周波数以外において大き

くし、通過中心周波数での利得に比べて、他の周波数における利得を下げることによって、帯域通過特性を得ている。抵抗器135、136、137、138の抵抗値をR、コンデンサ133、134、141、142の容量をCとすると、通過中心周波数は $1/2\pi RC$ で求められる。

【0036】図7は図6に示したTノッチ・アクティブフィルタの通過帯域特性を表わしたものである。通過中心周波数は922ヘルツであり、尖鋭度（Q）は66である。帯域通過フィルタ95、96の通過中心周波数の変更は、負帰還を構成している抵抗器135、136、137、138とコンデンサ133、134、141、142を切り換えることによって行われる。

【0037】それでは、このような構成の受信装置12の動作を説明する。まず、受信したいチャンネルを選択するためのチャンネル選択信号が、チャンネル選択信号入力端子27から入力される。チャンネル選択信号に対応してチャンネル選択回路26は光帯域通過フィルタ25の通過中心波長を、予め記憶している光の波長に初期設定する。これは光帯域通過フィルタ25の図示しない波長制御部に所定の電圧を印加することによって行われる。これと同時に、第1および第2の周波数選択信号103、104が第1および第2の帯域通過フィルタ95、96に供給される。帯域通過フィルタ95、96の通過中心周波数は、受信したいチャンネルの光信号の波長の前後に隣接する波長の光に重畳されている、低周波正弦波信号の周波数に設定される。各光の波長と制御信号の周波数との対応関係は送信装置11と受信装置12の間で予め取り決められている。

【0038】ここでは、受信したい光信号が第3の光58の場合について説明する。この場合には、第2の光48に重畳されている第2の低周波正弦波信号45の周波数を第1の帯域通過フィルタ95の通過中心周波数に、第4の光68に重畳されている第4の低周波正弦波信号65の周波数を第2の帯域通過フィルタ96の通過中心周波数に設定する。第1および第2の帯域通過フィルタ95、96によってそれぞれ抽出された第2および第4の低周波正弦波信号45、65の周波数成分の振幅のピーク値が、第1および第2のピーク検出回路97、98によって検出される。そしてこれら検出されたピーク値の差分に対応した電圧信号が演算増幅器99から出力される。

【0039】まず、第3の光58の波長と光帯域通過フィルタ25の波長が一致しているものとする。光帯域通過フィルタ25の通過損失特性（図5の点線111）は通過中心波長を中心として対称であるため、第3の光58の波長の前後に同一の波長差で隣接する第2および第4の光48、68の通過損失は等しくなる。一方、各波長の光はそれぞれ同一の強度で送信装置11から送出されているので、光帯域通過フィルタ25を通過した第2

の光 48 と第 4 の光 68 の光の強度も等しくなる。また、これらの光信号に重畳されている第 2 および第 4 の低周波正弦波信号 45、65 の変調度は等しいので、第 1 および第 2 の帯域通過フィルタ 95、96 によって抽出される低周波正弦波信号成分の振幅のピーク値は同一となる。したがって、演算増幅器 99 からは出力電圧が現れず、光帯域通過フィルタ 25 の通過中心波長は現在の波長で保持される。

【0040】次に、第 3 の光 58 の波長と光帯域通過フィルタ 25 の通過中心波長がズレた場合の動作について 10 説明する。

【0041】図 8 は第 3 の光の波長と光帯域通過フィルタの通過中心波長がズレた場合の通過損失特性を表わしている。図 5 と対応する光には同一の符号を付し、その説明を省略する。波長がズレた場合には、第 2 の光 48 と第 4 の光 68 の波長は、光帯域通過フィルタ 25 の通過中心波長に対して対称でなくなり、通過する光の強度に差ができる。図 8 では説明のために約 8 dB の差が生じた場合を示している。実際には常に制御が働いてるので、このような大きな差が生じることはない。

【0042】波長がズレると、光帯域通過フィルタ 25 を通過する光の強度に差が生じるので、第 1 および第 2 の帯域通過フィルタ 95、96 によって抽出される第 2 および第 4 の低周波正弦波信号 45、65 の周波数成分の振幅のピーク値にも差が生じ、演算増幅器 99 からはこの差分に応じた電圧信号が出力される。また、波長のズレが生じた方向によって、光帯域通過フィルタ 25 を通過する第 2 の光 48 と第 4 の光 68 の、光の強度の大小関係が逆になる。これにともない演算増幅器 99 に現 20 われる電圧信号の極性も変わる。これを基に光帯域通過フィルタ 25 の通過中心波長を何れの方 30 向に変化させるべきかが分かり、電圧信号が現れなくなる方向に向かって通過中心波長が変更される。光信号の波長と通過中心波長が再び一致すると、演算増幅器 99 には電圧が現れなくなり、この状態で通過中心波長が保持される。

【0043】以上のような通過中心波長の変更は、受信装置で使用される光帯域通過フィルタの通過損失が、その通過中心波長を中心に波長が離れるほど増加していることを利用している。すなわち、受信する光の波長はその両隣の 2 つの光の波長の中心になっているので、両隣の光の通過損失が等しくなるようにすれば、結果的に受信する光の波長と通過中心波長が一致することになる。そして、両隣の光の通過損失の一致を、これらの光に重畳されている低周波正弦波信号成分を抽出し、その振幅を比較することによって検出している。

【0044】本実施例の波長多重光伝送装置では、光帯域通過フィルタの通過中心波長を、光信号の波長と 1 ナノメートル程度の誤差に収めることができる。通過中心波長の制御の安定性は、光電変換された電気信号から低周波正弦波信号成分を抽出する帯域通過フィルタの通過

中心周波数の安定性に大きく依存している。しかし、各低周波正弦波信号の周波数の差を大きくとれば、帯域通過フィルタの尖鋭度 (Q) を小さくすることができる。これにより通過中心周波数近くでの周波数特性が滑らかになる。よって温度変化や経年変化によって通過中心周波数が多少ズレても、帯域通過フィルタによって抽出される低周波信号成分の振幅のピーク値がほとんど変動しないようにすることができる。従って、帯域通過フィルタの通過中心周波数の安定性に大きく左右されることなく、光帯域通過フィルタの通過中心波長を、受信する光信号の波長に安定して一致させることができる。

【0045】ここで、第 1 の光 38 および第 5 の光 78 の働きについて説明する。受信する光の波長と通過中心波長を一致させるためには、受信する光の波長の両隣に低周波正弦波信号が重畳された光が必要となる。したがってデータ信号を伝送する光のうち最も波長の長い光である第 2 の光 48 を受信したい場合には、これよりも、さらに波長の長い低周波正弦波信号が重畳された光が必要となる。これが、第 1 の光 38 である。これと同様に、第 4 の光 68 を受信したい場合には、第 3 の光 58 と第 5 の光 78 を使用して通過中心波長の制御が行われるので、第 5 の光 78 が必要となる。

【0046】本実施例では、低周波正弦波信号の周波数の差を等しく設定したが、受信側の帯域通過フィルタによって低周波正弦波信号を周波数別に分離できれば、周波数の差は同一でなくてもよい。なお、この低周波正弦波信号の周波数は数キロヘルツから数百キロヘルツが好適である。また、本実施例では光帯域通過フィルタの通過損失特性が通過中心波長を中心として対称なものを使用したが、特性が非対称であっても良い。さらに、各光の波長差や光の強度および低周波正弦波信号の変調度が様々であっても、光信号の波長と光帯域通過フィルタの通過中心波長を一致させることができる。たとえば、受信したい各光信号と光帯域通過フィルタの通過中心波長が一致したときにおける、演算増幅器 99 の出力電圧を調べ、これを予め ROM (リード・オンリ・メモリ) に記憶しておく。この値を受信する光に応じて読み出し、演算増幅器の出力電圧値が読み出した値と同一になるように光帯域通過フィルタの通過中心波長を変更すればよい。

【0047】また、波長の変化に対して通過損失の変化が大きい通過損失特性を有する光帯域通過フィルタを使用すれば、同調の精度をより高くすることができる。さらに、この特性の中でも、通過損失の変化率が最も大きくなる所における、通過中心波長との波長差に、多重化する光信号の波長差を設定すれば、より同調精度を向上させることができる。すなわち、わずかの波長のズレでも通過損失が大きく変化し、これにともなって帯域通過フィルタによって抽出される低周波正弦波信号の振幅の変化も大きくなる。よって、光信号の波長と通過中心波

長を精度良く一致させることができる。

【0048】なお、光帯域通過フィルタ25を通過した光には受信したいチャンネルの光信号のほかに、その両隣の波長の光信号も含まれている。しかし、これらの光の強度が受信したいチャンネルの光信号の強度と15dB以上の差があれば、両隣の波長の光信号が無い場合と同様の誤り率で、受信したいチャンネルの光信号のデータを復調することができる。したがって、光帯域通過フィルタを通過した光に、これら両隣の光信号が含まれていても、受信に悪影響を及ぼさない程度のS/N比を得ることができる。

【0049】また、多重化されている光の波長差が同一であり、光帯域通過フィルタの通過損失特性が通過中心波長を中心としてその前後に対称であることから、最も良いS/N比で光信号を受信することができる。すなわち、波長差が異なる場合には、低周波正弦波信号を抽出する一方の光の波長が通過中心波長に近くなり、受信する光信号との強度差が小さく、S/N比を劣化させる。これに対し波長差が均等であれば、受信する光信号との強度差もその両隣の光で均等となり、最もよいS/N比を得ることができる。

【0050】なお、波長差を設定する場合には以下の点に留意する必要がある。①光帯域通過フィルタの通過後において、受信する光信号とその両隣の光の強度差がある程度以上あって充分なS/N比を得られるようにする。②光帯域通過フィルタの通過後において両隣の波長の光の強度が、これらから低周波正弦波信号の抽出が可能な程度に得られるようにする。

【0051】また、本実施例では多重化する光を5本としたが、これに限るものではない。また、本実施例では受信装置12において多重化された光から1つのチャンネルのみを選択して受信している。しかし、光ファイバ13を通過した光信号を光分岐器で分岐したのち、分岐されたそれぞれの光に対して受信装置12を設ければ、複数のチャンネルの光信号を同時に受信することができることは当然である。

【0052】

【発明の効果】以上説明したように請求項1記載の発明によれば、送信するデータによって強度変調された光信号の波長に対して、その前後の波長の光を異なる周波数の制御信号で強度変調し、これらを多重化して送信する。受信側は、光帯域通過フィルタを通過した光の強度を電気信号に変換し、この変換された電気信号から、2つの制御信号の周波数成分を抽出する。そして、これら抽出された周波数成分の振幅を比較することによって、光帯域通過フィルタの通過中心波長と光信号の波長が一致するように、通過中心波長を変更した。光帯域通過フィルタの通過中心波長と光信号の波長がズレると、ズレた方向によって抽出される周波数成分の振幅の大小関係が逆になるので、波長がズレた方向を容易に検出するこ

とができる。よって、比較的簡単な制御手段によって光信号の波長と光帯域通過フィルタの通過中心波長を一致させることができる。また、電気信号から制御信号の周波数成分を抽出することは、比較的安定して行えるので、光信号の波長と光帯域通過フィルタの通過中心波長を安定して一致させることができる。

【0053】また請求項2記載の発明によれば、送信するデータを伝送する光にも制御信号をそれぞれ重畳した。このため、多重化する光の数が増えても制御信号専用の光は、第1および第2の制御光発光手段が発光する光のみで済む。これにより、波長帯域を有効に利用することができる。また、多重化されている光の波長差が等しいので、受信する光を切り換えても、その前後の波長の光は光帯域通過フィルタの通過中心波長から一定の波長差の所にあり、その通過損失特性が同一の所を使用して通過中心波長とそれぞれの光信号の波長とを一致させることができる。したがって受信する光を切り換えても、同調精度やS/N比の変動を少なくすることができる。また、狭い帯域内に多くの波長の光を多重化する場合でも、その波長差が等しいので、これら光同士の間を均一に抑えることができる。

【0054】さらに請求項3記載の発明によれば、多重化されている光の波長差およびその強度を等しくし、制御信号の変調度を同一にするとともに、光帯域通過フィルタの通過損失特性を通過中心波長を中心として対称にした。これにより、受信したい光信号の波長と通過中心波長が一致したときには、どのチャンネルの光を受信しても、抽出される制御信号の振幅が等しくなる。したがって、予め波長が一致したときの比較結果をそれぞれ用意する必要がない。また、振幅が等しいことの検出は比較的簡単な回路構成によって実現できるので、装置の簡略化を図ることができる。また、受信する光信号のチャンネルに係わらず、平均して良好なS/N比を得ることができる。

【0055】また、請求項4記載の発明によれば、光結合器と光帯域通過フィルタの間に、光結合器によって多重化された光を、光のまま一括して増幅する光増幅手段を設けた。光帯域通過フィルタの通過中心波長を、精度良く光信号の波長に一致させることができることから、狭い帯域内で多数の波長の光を多重化することができ、波長帯域の狭い光直接増幅器を使用し一括して光を増幅することができる。したがって、長距離の伝送により光の強度が減衰しても、多重化された光をそれぞれの波長に分離するのは受信局のみで良くなり、光通信システムの構成を簡単にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例における波長多重光伝送装置のシステム構成を表わしたシステム構成図である。

【図2】図1に示した波長多重光伝送装置の送信装置の概略構成を表わしたブロック図である。

【図3】送信装置が送出する多重化された光の強度を表わした特性図である。

【図4】図1に示した波長多重光伝送装置の受信装置の概略構成を表わしたブロック図である。

【図5】通過中心波長と光信号の波長が一致しているときの光帯域通過フィルタを通過した光の強度を表わした特性図である。

【図6】帯域通過フィルタの回路構成を表わした回路図である。

【図7】図6の帯域通過フィルタの通過帯域特性を表わした特性図である。

【図8】通過中心波長と光信号の波長がズレているときの光帯域通過フィルタを通過した光の強度を表わした特性図である。

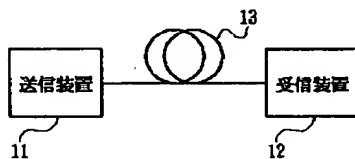
【図9】従来使用されていた波長多重光伝送装置の概略構成を表わしたブロック図である。

【符号の説明】

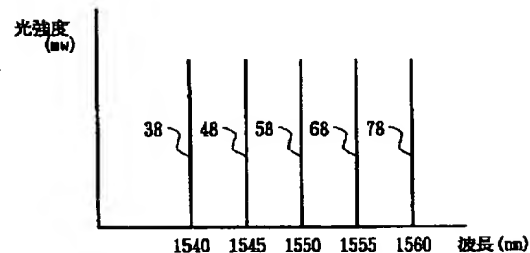
- 11 送信装置
- 12 受信装置
- 13 光ファイバ
- 14～16 データ信号入力端子
- 24 光結合器
- 25 光帯域通過フィルタ
- 26 チャンネル選択回路
- 27 チャンネル選択信号入力端子
- 28 光電変換器
- 29 受信データ信号出力端子
- 31、41、51、61、71 半導体レーザ駆動回路
(LD駆動回路)
- 32、42、52、62、72 低周波信号発生回路

- 33、43、53、63、73 低周波信号重畳回路
- 34、37、44、47、54、57、64、67、77 駆動電流
- 35、45、55、65、75 低周波正弦波信号
- 36、46、57、66、76 半導体レーザ
- 38、48、58、68、78 光
- 81 多重化された光
- 82 送信信号出力端子
- 91 受信信号入力端子
- 92 光分岐器
- 93 ピン・フォトダイオード
- 94 電流電圧変換回路
- 95、96 帯域通過フィルタ
- 97、98 ピーク検出回路
- 99、122、128、132 演算増幅器（オペアンブ）
- 101 低域通過フィルタ
- 102 増幅器
- 103、104 周波数選択信号
- 111 通過損失特性
- 121 入力端子
- 123 正入力端子
- 124 出力端子
- 125 負入力端子
- 126、127、135、136、137、138 抵抗器
- 129 可変抵抗器
- 131 中間出力端子
- 133、134、141、142 コンデンサ
- 143 信号出力端子

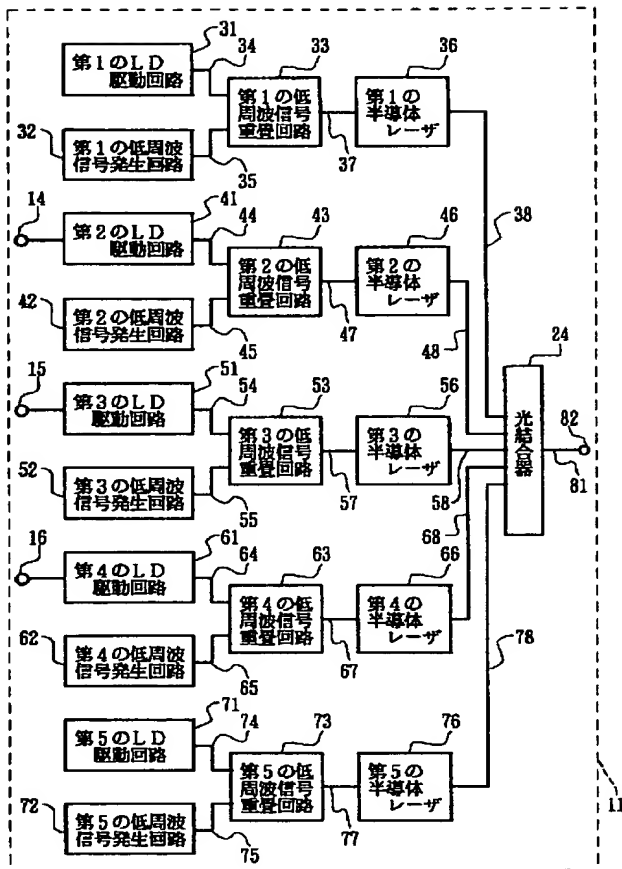
【図1】



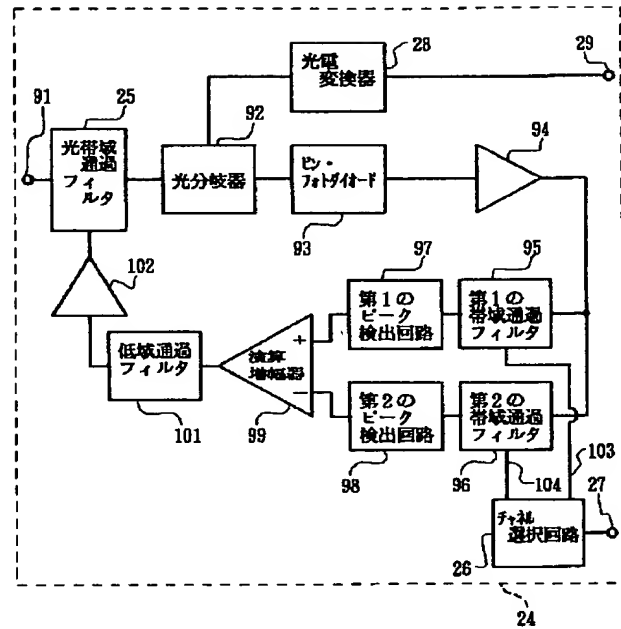
【図3】



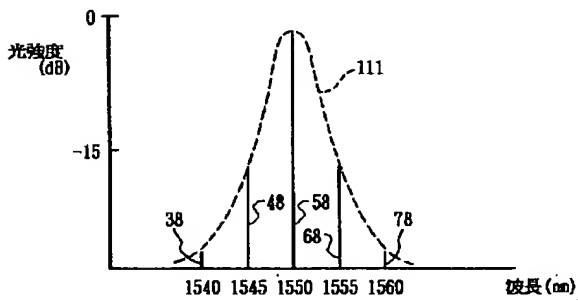
【図2】



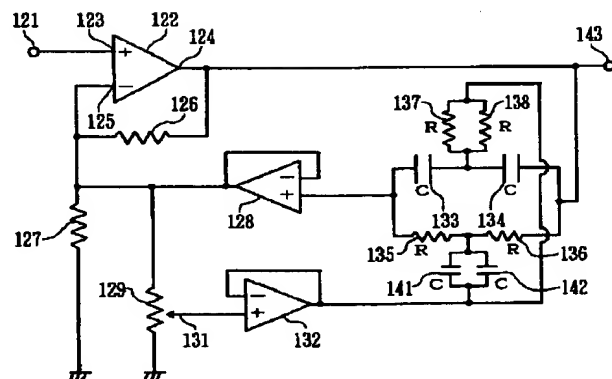
【図4】



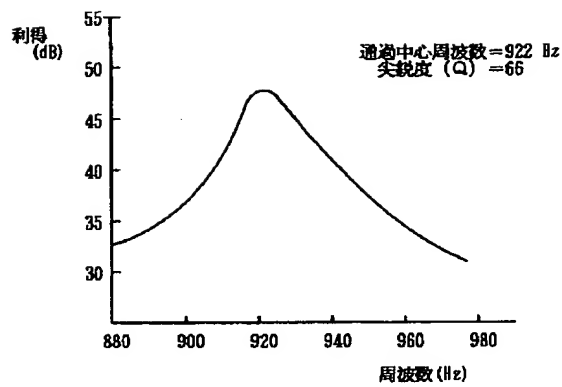
【図5】



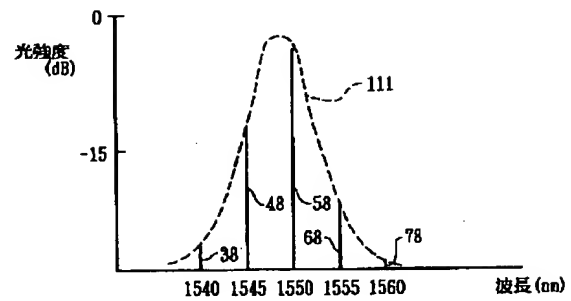
【図6】



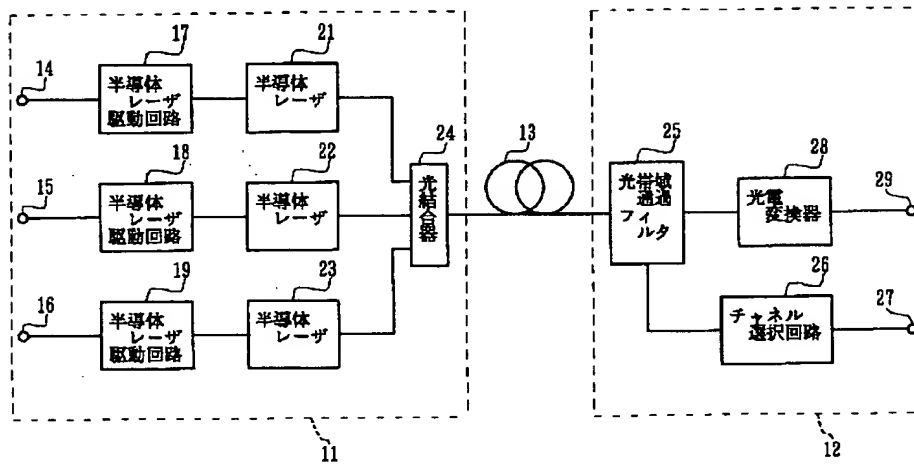
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

H 0 4 B 10/142

10/04

10/06

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所